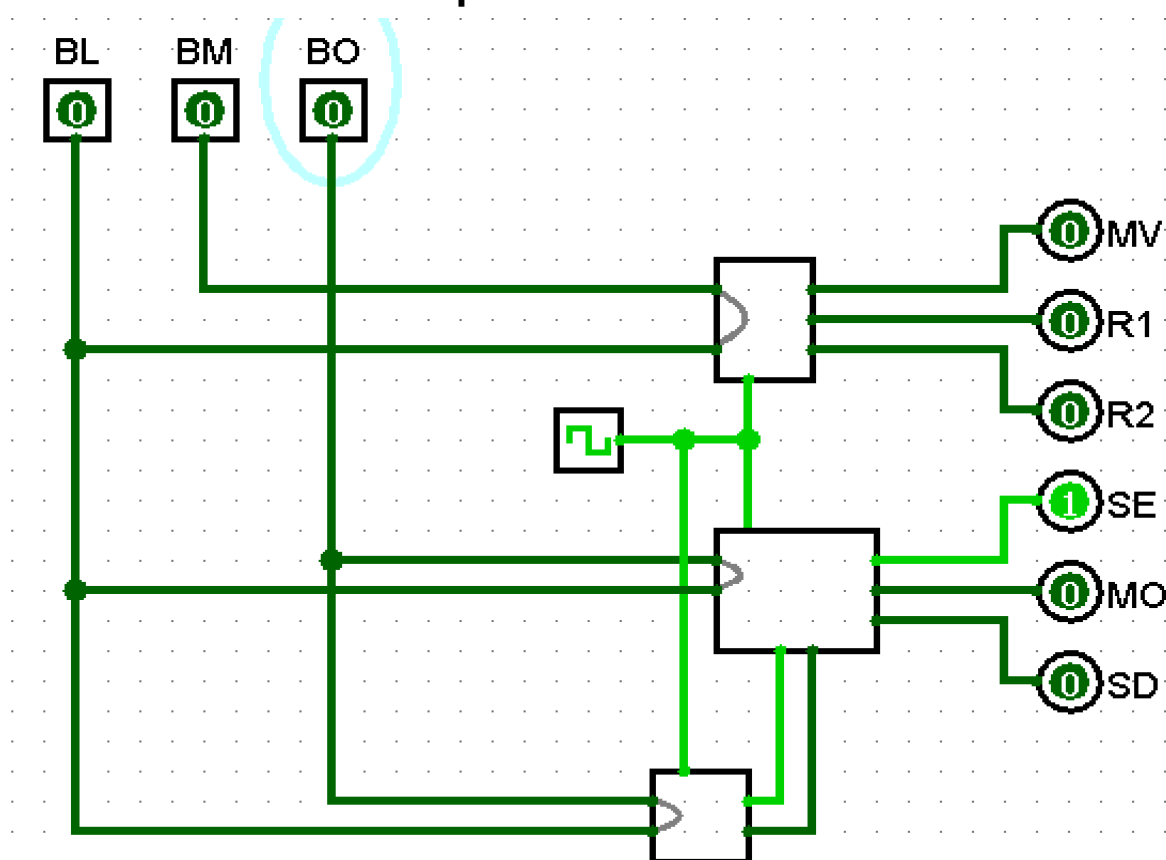




UNIVERSIDADE DE ÉVORA

## Relatório do trabalho prático de Sistemas Digitais

### Aquecedor Elétrico



Grupo 15

Criado por: Luís Faria Nº47350, Rui Branca Nº 51337, Rodrigo Marques Nº52183

Curso de Engenharia Informática

Professor Pedro Salgueiro

# Índice

---

• Introdução.....	3
• Modelo de controle do modo de funcionamento.....	4
• Módulo de controle do mecanismo de oscilação.....	8
• Relógio de 2 ticks.....	12
• Conclusão.....	16

## Introdução

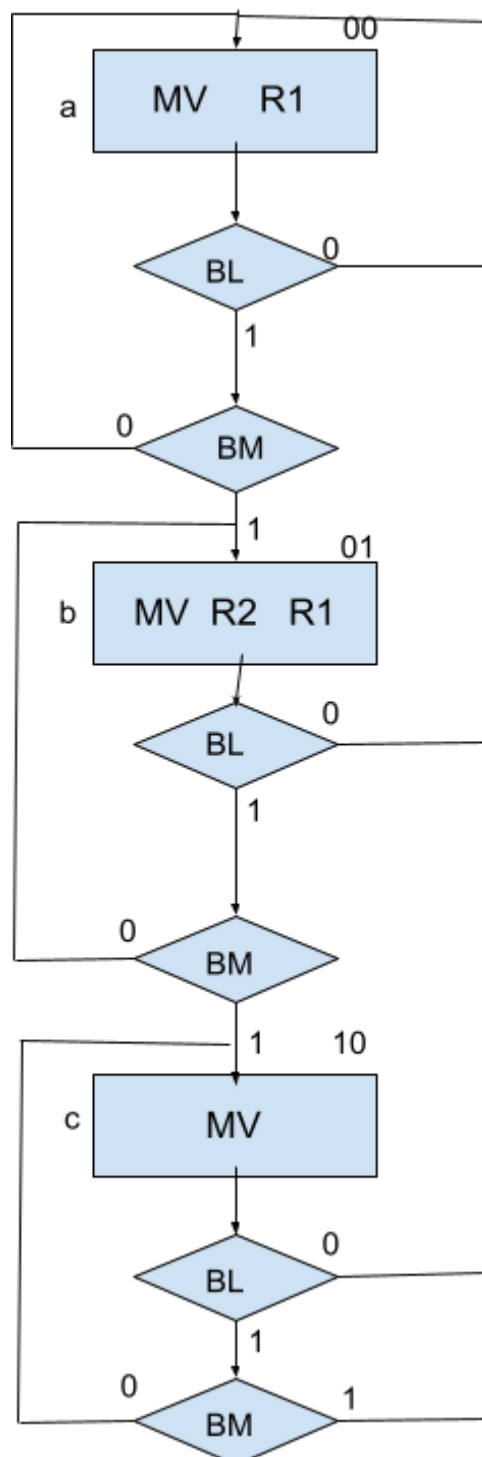
---

Como trabalho final para a cadeira de Sistemas Digitais, foi-nos proposto que implementássemos um aquecedor elétrico. O aquecedor elétrico é dividido em dois circuitos distintos, ligados entre si por forma a implementar o sistema completo.

Com este trabalho, o nosso objetivo foi criar um sistema de controlo para um aquecedor elétrico, para tal começámos por implementar o módulo de controlo do modo de funcionamento e depois o módulo de controlo do mecanismo de oscilação. No trabalho inteiro decidimos utilizar flip-flops do tipo T.

## Módulo de controle do modo de funcionamento

Começamos por definir as entradas e saídas do módulo e chegamos à conclusão que teria duas entradas, o botão para ligar/desligar o aquecedor (BL) e o botão para mudar o modo de funcionamento do aquecedor (BM). Em relação às saídas este módulo terá três, sendo elas o motor que ativa a ventilação(MV), a resistência 1(R1) e a resistência 2 (R2). Depois disso verificamos que o módulo teria três estados: o estado 00, que seria o estado inicial em que apenas estão ligados o ventilador e a resistência 1; o estado 01 que será o próximo ao estado 00 e tem o ventilador, a resistência 1 e a resistência 2 ligadas; e por fim o estado 10 que tem apenas o ventilador ligado e é o último estado antes voltar ao estado inicial. Com isto tudo conseguimos construir o modelo ASM que seria assim:



## Módulo de controle do modo de funcionamento

Depois do modelo ASM fomos construir a tabela de transições e chegámos à seguinte conclusão:

		Qn		Qn+1		T		S		
BL	BM	x1	x0	x1	x0	t1	t0	MV	R1	R2
0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	-	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0
1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0

E com esta tabela fomos conseguir as expressões dos flip-flops e das saídas:

$$t1 = BL.BM.x0 + BM.x1 + \sim BL.x1$$

BLBM/x1x0	00	01	11	10
00	0	0	-	1
01	0	0	-	1
11	0	1	-	1
10	0	0	-	0

## Módulo de controle do modo de funcionamento

$$t0 = \sim BL.x0 + BL.BM.\sim x1$$

BLBM/x1x0	00	01	11	10
00	0	1	-	0
01	0	1	-	0
11	1	1	-	0
10	0	0	-	0

$$MV = BL$$

BLBM/x1x0	00	01	11	10
00	0	0	-	0
01	0	0	-	0
11	1	1	-	1
10	1	1	-	1

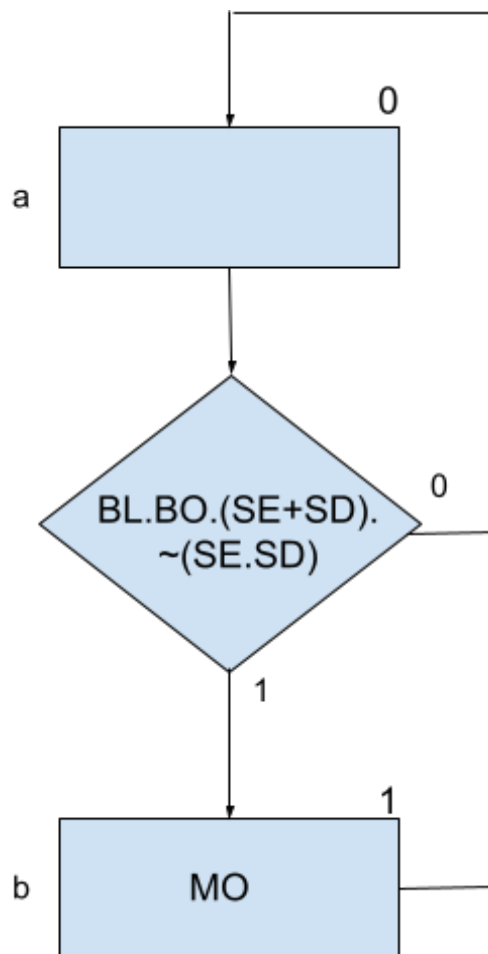
$$R1 = BL.\sim x1$$

BLBM/x1x0	00	01	11	10
00	0	0	-	0
01	0	0	-	0
11	1	1	-	0
10	1	1	-	0



## Módulo de controle do mecanismo de oscilação

Para o mecanismo de oscilação usamos o mesmo método de anteriormente. Começamos por ver as entradas e saídas, sendo elas quatro, o botão de ligar e desligar o aquecedor (BL), o botão para ligar o modo de oscilação (BO), o sentido para a direita (SD) e, por fim, o sentido para a esquerda (SE). Este circuito terá uma saída que é o motor a funcionar (MO). Verificamos que este circuito teria apenas dois estados, um em que o motor está ligado e outro em que está desligado. Assim obtemos o seguinte modelo ASM:





## Módulo de controle do mecanismo de oscilação

Depois de construir o modelo ASM criámos a tabela de transições deste módulo:

BL	BO	SE	SD	SE+SD	~(SE.SD)	x	xn+1	T	MO
0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
0	-	-	-	-	-	1	0	1	0
1	0	-	-	-	-	0	0	0	0
1	0	-	-	-	-	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1	0	1	1	0
1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	0

Por fim fomos obter as expressões para os flip-flops e as saídas com os mapas de karnaugh:

$$T = BL.BO.\sim SE.SD.\sim x + BL.BO.SE.\sim SD.\sim x + \sim BL + \sim BO + \sim SE.\sim SD + SE.SD$$

$$x = 0$$

<u>BLBO/SESD</u>	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	0	1
10	0	0	0	0

## Módulo de controle do mecanismo de oscilação

$x = 1$

<u>BLBO/SESD</u>	00	01	11	10
00	1	1	1	1
01	1	1	1	1
11	1	0	1	0
10	1	1	1	1

$$MO = BL.BO.\sim SE.SD.x + BL.BO.SE.\sim SD.x$$

$x = 0$

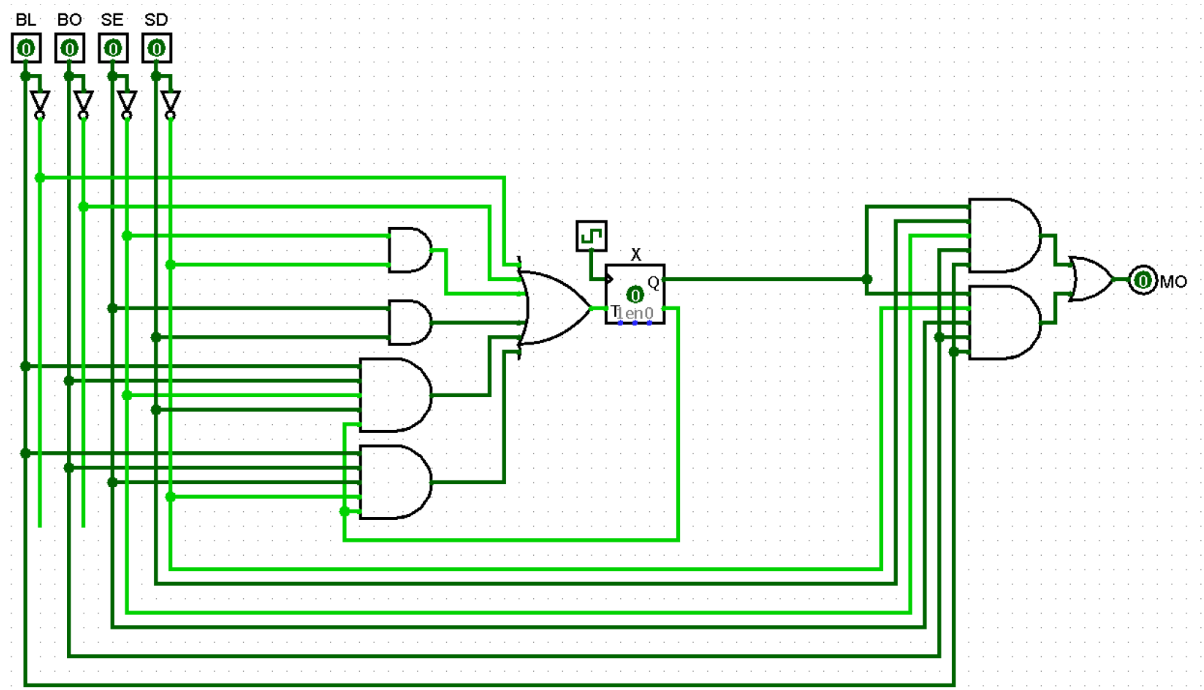
<u>BLBO/SESD</u>	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	0	0	0
10	0	0	0	0

$x = 1$

<u>BLBO/SESD</u>	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	0	1
10	0	0	0	0

## Módulo de controle do mecanismo de oscilação

Por fim com as expressões dos flip-flops e das saídas criamos o circuito no logisim, obtendo:

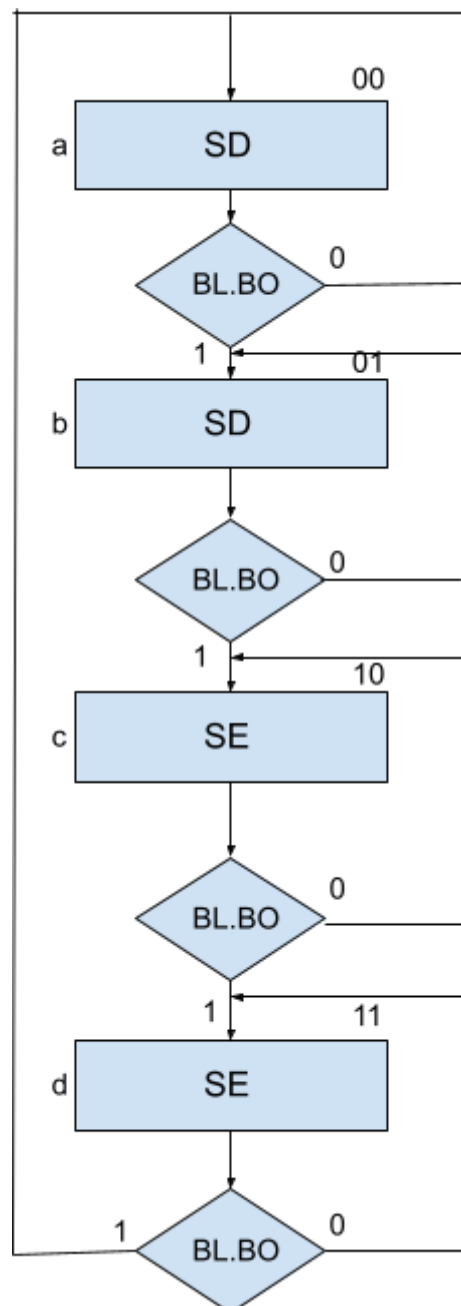


Após testar o circuito podemos verificar que o motor só ativa quando o BL e o BO estão ativos e apenas um dos sentidos (SD/SE) está ativo.

Com o módulo de oscilação concluído começamos a pensar em como poderíamos fazer com que as entradas SE e SD fossem mudando a cada 2 ticks do clock e chegamos à conclusão que para um flip-flop ser alterado é necessário que haja um tick de relógio então poderíamos fazer esse “relógio de 2 ticks” através de flip-flops.

## Relógio de 2 ticks

Para este relógio tentámos criar o modelo ASM sem qualquer entrada, mas ao fazer os mapas de karnaugh reparámos que um flip-flop não teria nenhuma expressão e então o circuito não poderia funcionar. Então decidimos usar a entrada BL e BO já que se o aquecedor estivesse desligado ou o motor não fosse necessário não faria sentido o sentido da direita e da esquerda estar a mudar. Então, por fim, verificámos que este circuito teria duas entradas o botão de ligar o aquecedor (BL) e o botão de ligar o módulo de oscilação (BO), o circuito teria duas saídas o sentido da esquerda e o sentido da direita (SE,SD) e que o circuito teria quatro estados, dois deles em que o sentido da direita (SD) está ativo e dois deles em que o sentido da esquerda (SE) está ativo. Com isto tudo podemos fazer o modelo ASM chegando a:



## Relógio de 2 ticks

Com este modelo depois conseguimos construir a tabela de estados mais facilmente obtendo:

		Qn		Qn+1		T		S	
BO	BL	x1	x0	x1	x0	t1	t0	SD	SE
0	-	0	0	0	0	0	0	1	0
0	-	0	1	0	1	0	0	1	0
0	-	1	0	1	0	0	0	0	1
0	-	1	1	1	1	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	0
1	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1

Com a tabela vamos obter as expressões dos flip-flops e das saídas:

$$T1 = BO.BL.x0$$

<u>BOBL/x1x0</u>	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	0	1	1	0
10	0	0	0	0

## Relógio de 2 ticks

T0 = BO.BL

<u>BOBL/x1x0</u>	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	0
11	1	1	1	1
10	0	0	0	0

SD =  $\sim x1$

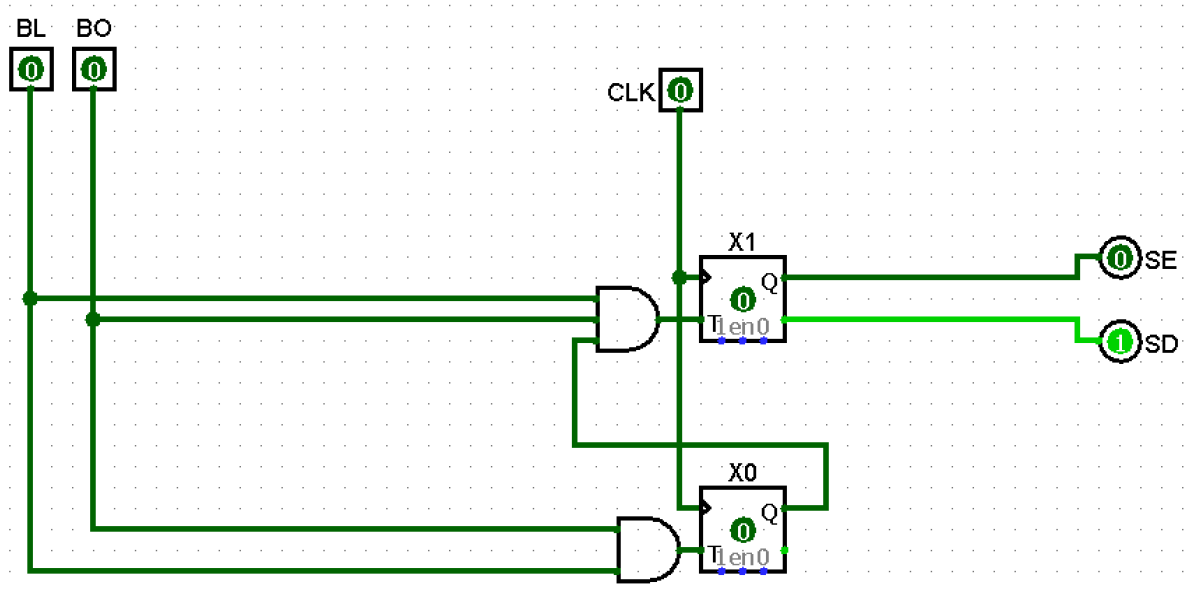
<u>BOBL/x1x0</u>	00	01	11	10
00	1	1	0	0
01	1	1	0	0
11	1	1	0	0
10	1	1	0	0

SE =  $x1$

<u>BOBL/x1x0</u>	00	01	11	10
00	0	0	1	1
01	0	0	1	1
11	0	0	1	1
10	0	0	1	1

## Relógio de 2 ticks

Após terminar tudo fomos construir o circuito no logisim e obtivemos:



Ao testar, verificámos que a entrada SD e SE vai mudando a cada dois ticks do relógio.

## Conclusão

---

Com a elaboração deste projeto, no âmbito da cadeira de Sistemas Digitais, conseguimos aprofundar os conhecimentos obtidos ao longo do semestre.

A realização deste projeto permitiu-nos um sistematizar ideias no que diz respeito à construção de circuitos, modelos ASM, tabelas de transição de estados, implementação de circuitos no Logisim e mapas de Karnaugh.